©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Zur Kenntniss des Zuckungsverlaufes quergestreifter Muskeln.

Von **Alexander Rollett.**

(Mit einer Curventafel.)

Die histologischen Studien über den Bau der quergestreiften Muskelfasern haben einen Verlauf genommen, der Fernerstehenden leicht die Meinung erzeugen könnte, dass man sich einer neuen Art von Scarabaeencultus hingegeben habe.

Seitdem Brücke den Hydrophilus piceus, Engelmann die Ragonycha (Telephorus) melanura durch ihre Untersuchungen zu besonderen Ehren gebracht haben, wurden nicht nur bei diesen und den später von Föttinger und von Retzius favorisirten Käfern, *Chrysomela caerulea* und *Dyticus*[1] *marginalis,* sondern auch bei zahlreichen anderen Käfern, die Zeichen zu lesen gesucht, die uns den Bau der quergestreiften Muskelfasern enthüllen sollten.

Ich habe mich nun in letzter Zeit durch eine ziemlich ausgedehnte Untersuchung an Käfermuskeln, deren Resultate bald veröffentlicht werden sollen, überzeugt, dass man mit vollem Rechte jenen Initiativen folgt.

Die mikroskopische Untersuchung der Käfermuskeln ist in der That am meisten geeignet, unsere Kenntnisse über den Muskelbau zu fördern. Es zeigt sich aber dabei, dass zwischen den quergestreiften Muskelfasern verschiedener Käfer selbst sehr wesentliche Verschiedenheiten des mikroskopischen Baues existiren. Ich sehe dabei ganz ab von den Flugmuskeln, die, im

---

[1] Die systematischen Bezeichnungen sind geschrieben, wie es dem Catalogus coleopterorum Europae et Caucasi. Auctoribus Dr. L. v. Heyden, E. Reitter et J. Weise. Ed. III. Berolini 1883 entspricht.

Vergleiche mit anderen quergestreiften Muskeln überhaupt, ganz ausnehmende und hervorstechende Verschiedenheiten im Bau aufweisen und habe nur die Muskeln im Sinne, welche den Kopf und die Beine bewegen,[1] also jene Käfermuskeln, welche wegen ihrer viel ausgesprocheneren Ähnlichkeit mit den Muskeln der Wirbelthiere unser Interesse vorzugsweise in Anspruch nehmen. Diese Muskeln sind, wie ich hier nur vorläufig anführen muss, bei den Hydrophiliden von anderer histologischer Beschaffenheit als bei den Dyticiden und ebenso unterscheiden sich die Muskeln der Scarabaeiden von jenen der Dyticiden, während sie jenen der Hydrophiliden viel näher verwandt sind. Ähnliches kehrt aber bei anderen Käferfamilien wieder.

Nach den Untersuchungen Ranvier's[2] über das verschiedene physiologische Verhalten der rothen und weissen Muskeln des Kaninchens, welches von Kronecker und Stirling[3] bestätiget und näher erläutert worden ist, und welches, wie Ranvier zeigte mit Abweichungen des histologischen Baues zusammentrifft, lag es nun nahe, auch zu untersuchen, ob der in verschiedenen Käfern realisirte abweichende Muskelbau mit physiologischen Eigenthümlichkeiten derselben zusammentrifft. Man musste sich umsomehr zu einem solchen Unternehmen angetrieben fühlen, da es ja für

---

1 Ich muss aber bemerken, dass diesen Muskeln ganz gleiche sich auch in die Flügeldecken und die Flügel inseriren, sie treten nur an den letzteren im Vergleiche zu den Flugmuskeln sehr zurück. Das Vorkommen von zweierlei Muskeln steht hier in Beziehung zu zwei wesentlich verschiedenen Actionen. Die eine derselben ist die Entfaltung des Flugapparates, Stellung der Flügeldecken und Ausspannung der Flügel. Diese Action erfolgt ungefähr nach demselben Modus wie die Bewegung der Beine. Die zweite Action ist das Fliegen selbst, von welchem wir durch die Untersuchungen Marey's wissen, dass es bei den Insecten durch eine oft bis zu ausserordentlicher Höhe gesteigerte Frequenz der Flügelschläge zu Stande kommt.

Es ist wichtig, dass der physiologischen Specialität der Flugmuskeln auch eine ganz ausgesprochene histologische Specialität entspricht und hätte das bei den histologischen Untersuchungen schon längst mehr berücksichtigt werden sollen, als es bisher geschah.

Archives de physiologie normale et pathologique. Ser. II.. Tom I, pag. 5, Paris 1874.

3 Archiv für Anatomie und Physiologie. Jahrgang 1878. Physiol. Abth., pag. 1, Leipzig 1878.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

den Fall, als sich solche physiologische Eigenthümlichkeiten für verschieden gebaute Käfermuskeln nachweisen lassen, möglich wäre, dass durch den doch etwas klarer liegenden Bau der Käfermuskeln uns auch die Richtung vorgezeichnet würde, nach der hin wir die gewiss vorhandenen, aber wegen ihrer Feinheit uns noch verhüllten besonderen Einrichtungen anderer physiologisch ungleichwerthiger quergestreifter Muskelfasern zu verfolgen hätten.

Ich meine die Einrichtungen, welche zu Grunde liegen dem von Marey[1] beobachteten verschiedenen Zuckungsverlauf der quergestreiften Muskelfasern verschiedener Thiere und verschiedener Muskeln desselben Thieses, der für die Muskeln des Frosches und der Schildkröte von Cash,[2] für die Scheeren- und Schwanzmuskeln des Flusskrebses von Richet[3] noch genauer verfolgt wurde.

Es ist mir gelungen, vom *Dyticus*, vom *Hydrophilus* und vom Maikäfer Präparate herzustellen, an welchen nach möglichster Ausschaltung des Bauchstranges bei bestimmter Aufsetzung der Elektroden eines Inductionsapparates immer völlig einsinnige und gleiche Bewegungen des Oberschenkels des hintersten Beinpaares erfolgten, wenn die Muskeln gereizt wurden.[4]

Solche Präparate benützte ich nicht nur zu zahlreichen Studien über den in Folge von Reizung mit Inductionswechselströmen auftretenden Tetanus, sondern auch zur Darstellung von maximalen Einzelzuckungen in Folge eines einzelnen Öffnungsinductionsschlages.

Ich befestigte zu dem Ende den Oberschenkel mittelst eines Fadens an einem Hebel, wie er von Marey bei seinem Myographion[5] verwendet wird.

---

[1] Marey, Du mouvement dans les fonctions de la vie. Paris 1868, pag. 363 u. 366.

[2] Cash Archiv für Anatomie und Physiologie, Jahrgang 1880, physiolog. Abth. Supplementband, pag. 147 Leipzig, 1880.

[3] Archives de physiologie norm. et patholog. Ser. II, Tom. VI, pag 262 und 522, Paris 1879; Physiologie des muscles et nerfs. pag. 48 u. d. f. Paris 1882.

[4] Das Genauere über die Herstellung solcher Präparate soll in einer späteren Mittheilung angegeben werden.

[5] Du mouvement etc. pag. 539; La méthode graphique. pag. 194. Paris 1878.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Der Hebel wurde nicht wie bei dem anfänglichen Instrumente Marey's mit einer Feder gespannt, sondern wie bei der späteren Form mit Gewichten belastet, die auf ein Wageschälchen aus Aluminiumblech aufgelegt wurden.

Das Wageschälchen hing an einem über ein Röllchen laufenden Faden, der in entgegengesetzter Richtung als der mit dem Bein verknüpfte Faden am Hebel angriff. Mittelst dieses Hebels wurden die Zuckungscurven über einem rasch rotirenden Cylinder oder auch über der Platte des Fick-Helmholtz'schen Pendelmyographion angeschrieben.

Bei diesen Versuchen ergab sich ein wesentlicher Unterschied der Dauer und Form der Einzelzuckung für die drei untersuchten Käfer, wie ein Blick auf die mitfolgende Tafel zeigt, die ausschliesslich mittelst des Cylindermyographion erhaltene Curven wiedergibt.

Die Curven A, A' und A'' rühren vom *Dyticus marginalis*, die Curven B, B' und B'' vom *Hydrophilus piceus*, die Curve C rührt von *Melolontha vulgaris* her.

A und B sind bei 1 Grm., A' und B' bei 2 Grm., A'' und B'' bei 3 Grm. C bei $1\,{}^1/_2$ Grm. Belastung erhalten worden.

Die Stimmgabelschrift unter der Curve B'' markirt $^1/_{100}$ Secunden. Sie kann zunächst nur zur exacten Ausmessung von B'' verwendet werden, mit welcher sie gleichzeitig erhalten wurde.

Da aber mein Uhrwerk, wenn es einmal zu maximaler Geschwindigkeit angelaufen war in allen Versuchen, wie oft wiederholte Zeitschriften erkennen liessen sehr gleichmässig und mit nahezu derselben Geschwindigkeit sich bewegte; da ferner die Curven immer nur bei maximaler Geschwindigkeit, bei welcher der rotirende Cylinder einen Contact auszuschlagen hatte, angeschrieben wurden, so kann die Stimmgabelschrift auch zur Orientirung über den zeitlichen Verlauf der anderen Curven benützt werden.

Der Reizmoment ist für die in der Tafel enthaltenen Curven durch die auf der Abscisse stehende Marke angegeben.

In allen Fällen weicht die Form der Muskelcurve des *Dyticus* in sehr charakteristischer Weise von der Form der Muskelcurven des *Hydrophilus* und ebenso von jenen des Maikäfers ab.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Curve des *Dyticus*-Muskels steigt rasch zum Maximum der Verkürzung auf, hat sie dieses erreicht, so fällt sie wieder rasch zur Abscisse ab und zeigt um die Abscissenaxe nach auf- und abwärts gehende, energisch aber mit hohem Decrement erfolgende elastische Endschwankungen.

Die Curve des *Hydrophilus*-Muskels erreicht ihr Maximum nicht so rasch und hält sich, wenn sie dasselbe erreicht hat auf oder sehr nahe demselben durch längere Zeit und geht dann in einen absteigenden Curventheil über, der langsam abfällt und dann asymptotisch zur Abscisse verläuft.

Die Curve des Maikäfermuskels ist der Curve des *Hydrophilus*-Muskels ähnlich, aber in allen Theilen gedehnter als die letztere.

Die elastischen Endschwankungen der zwei zuletzt angeführten Curven halten sich meist über der Abscissenaxe, sind weniger energisch und von geringerem Decrement als jene des *Dyticus*-Muskels.

Der Zuckungsverlauf der *Dyticus*-Muskeln ist also dem der weissen, der Zuckungsverlauf der *Hydrophilus*- und Maikäfermuskeln jenem der rothen Kaninchenmuskeln ähnlich.

Was die absolute Dauer einer Zuckung und ihrer einzelnen Stadien betrifft, so ist diese beträchtlichen Variationen sowohl beim *Dyticus* als auch beim *Hydrophilus* und Maikäfer unterworfen.

Sie ist bei verschiedenen Individuen derselben Species, nach der Erregbarkeit des Präparates, welche durch Präparation und vorausgegangene Versuche in schwer zu beherrschender Weise beeinflusst wird, und wie ich wiederholten und constant gebliebenen Versuchsreihen an demselben Präparate entnehme, nach der Belastung verschieden. Es variirt die Dauer des Stadiums der latenten Reizung; am wenigsten der von der Abscisse zum Maximum aufsteigende Curventheil, am meisten der abfallende Curventheil. Besonders ist die Begrenzung des letzteren mit demjenigen Punkte des Verlaufes, wo die Curven anfangen zur Abscisse asymptotisch zu verlaufen mit einer grossen Unbestimmtheit behaftet, was auf die Begrenzung der Dauer der eigentlichen Zuckung, wenn man diese von dem Ende des Stadiums der latenten Reizung bis zu dem Punkte, von welchem die Curve

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

asymptotisch zur Abscisse verläuft rechnet, von wesentlichem Einfluss ist.

Unter den eben angeführten Einschränkungen ihres Werthes führe ich die Mittelzahlen — welche ich aus einer grossen Reihe mir vorliegender Versuche für die Dauer einer Zuckung beim *Dyticus*, *Hydrophilus* und Maikäfer und für die Dauer der einzelnen Stadien einer Zuckung in Secunden berechnet habe — hier an.

Die in den drei letzten Quercolumnen enthaltenen Zahlen bedeuten die Verhältnisse der Dauer bei *Hydrophilus* und *Dyticus* $\left(\frac{H}{D}\right)$, bei Maikäfer und *Dyticus* $\left(\frac{M}{D}\right)$, bei Maikäfer und *Hydrophilus* $\left(\frac{M}{H}\right)$.

Käfer	Stadium der latenten Reizung	Zuckung	aufsteigender Curventheil	absteigender Curventheil [1]
Dyticus	0·017	0·112	0·055	0·057
Hydrophilus	0·047	0·350	0·108	0·242
Melolontha . .	0·075	0·527	0·116	0·411
$\frac{H}{D}$	2·84	3·13	1·97	4·27
$\frac{M}{D}$	4·53	4·71	2·10	7·24
$\frac{M}{H}$	1·59	1·50	1·07	1·69

[1] Zum Vergleiche setze ich die Angaben von Cash (l. c. pag. 149 u. 150) über die Dauer einer Zuckung verschiedener Muskeln des Frosches, der Schildkröte und der rothen und weissen Kaninchenmuskeln her.

Frosch.

1. *Muscul. hyoglossus* 0·205—0·3
2. *rectus abdominis* 0·17
3. *gastrocnemius* 0·120
4. *semimembranos.* u. *gracilis* 0·108
5. *triceps femoris* 0·104

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

aber wegen augenblicklich mangelnden Materiales nicht völlig abschliessen konnte, überzeugte, dass, wie vorauszusehen war,[1] die Muskeln mit gedehnter Zuckungscurve schon wenige Einzelzuckungen in der Secunde zu einem vollkommenen Tetanus zusammensetzen, während die rasch zuckenden Muskeln dies erst bei höherer Reizfrequenz thun. Auch die Form der Curve des vollkommenen Tetanus ist für beide Muskelarten charakteristisch verschieden.

Über alles das werde ich später berichten.

---

[1] Vergl. Kronecker und Stirling, l. c.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Flugmuskeln der Insecten, deren exceptionelle Stellung schon früher hervorgehoben wurde, machen nach Marey[1] bei verschiedenen Insecten in einer Secunde die nachfolgende Anzahl von Zuckungen:

Mouche commune .	330
Bourdon	240
Abeille .	190
Guêpe	110
Macroglosse du caille-lait . .	72
Libellule	28
Papillon (Piéride du chou) .	9

War es schon nach diesen Erfahrungen nicht gerechtfertigt, von einer ausserordentlichen Schnelligkeit der Einzelzuckung der Insectenmuskeln überhaupt[2] zu sprechen, so ist das nach unseren Erfahrungen über die Muskeln der Beine von *Dyticus*, *Hydrophilus* und Maikäfer noch weniger der Fall.

Schliesslich führe ich noch an, dass ich mich für den *Hydrophilus* und Maikäfer durch völlig abgeschlossene Versuchsreihen, für den *Dyticus* durch eine Reihe von Versuchen, die ich

---

Schildkröte.

1. *Muscul.*	*pectoralis major*	1·8
2.	*gluteus* (alter)	1·6
3.	*palmaris*	. . 1·0
4.	*gracilis*	1·0
5.	*biceps brachii* . .	0·9
6.	*splenius capitis*	0·9
7.	*triceps brachii* . . .	. . 0·8
8.	*retrahens capitis et colli*	0·75
9.	*extensor comm. digiti* .	0·75
10.	*semimembran. et adduct.* .	0·6
11.	*omohyoideus*	0·55

Kaninchen.

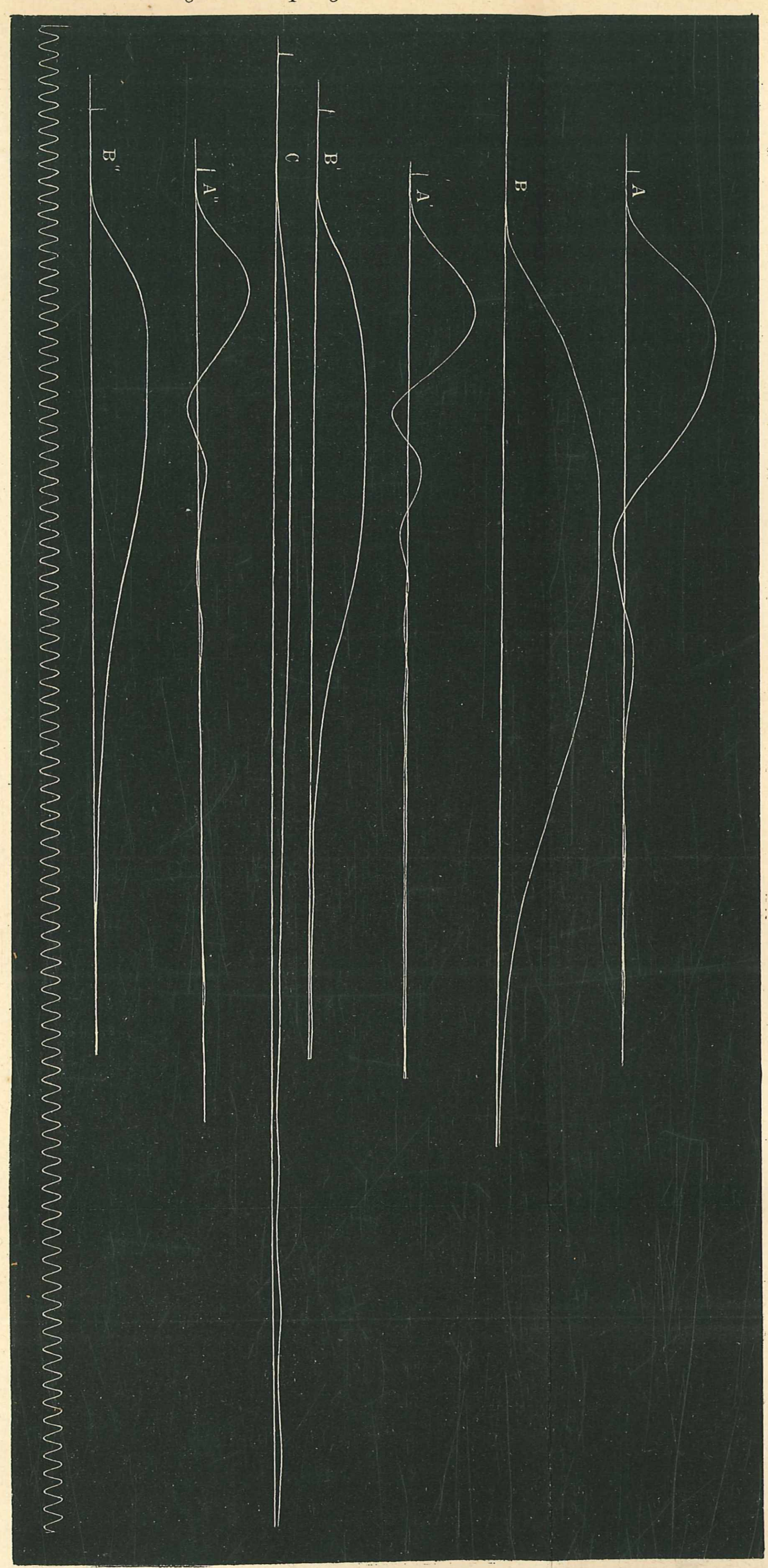
1. *Muscul.*	*soleus* (roth) etwa	1·0
2.	*gastrocnemius med.* (weiss)	. . . . 0·25

[1] Marey, Annales des sciences naturelles. Ser. V. (Zoologie) T. XII, pag. 58, Paris 1869.

[2] Vergl. Richet, l. c. pag. 105; auch Hermann, Handbuch der Physiologie, Bd. I, Th. 1, pag. 38. Leipzig 1879.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Rollett: Zuckungsverlauf quergestreifter Muskeln.



Sitzungsb. d. k. Akad. d. W. math. naturw. Classe LXXXIX. Bd. III. Abth. 1884.

K. k. Hof- u. Staatsdruckerei.